

Enseigner la chimie et former des chimistes

par B. Montfort

(Département Chimie, I.U.T., 30, avenue de l'Observatoire, 25042 Besançon Cedex)



Le but de l'enseignement en Institut Universitaire de Technologie (I.U.T.) est la formation de techniciens se situant entre l'ingénieur et le laborantin ; malgré une origine différente (baccalauréats C, D, F₆, F₇) les étudiants doivent après deux ans d'études

pouvoir :

- effectuer sous la direction d'un ingénieur un travail expérimental suivi ;
- s'intégrer parfaitement dans une équipe de fabrication ;
- après une période d'adaptation, diriger quelques laborantins.

Pendant la première année les objectifs de l'enseignement pratique sont très importants, il faut :

- familiariser l'étudiant avec les techniques élémentaires qui permettent d'acquérir une telle formation.
- Développer une « discipline de laboratoire », cette notion correspondant à la mise en valeur des qualités les plus appréciées pour un chimiste, habileté, ordre, propreté, rigueur et honnêteté.

En synthèse organique, cerner le premier point ne semble pas à première vue très difficile tant sur le programme de l'enseignement que sur l'évaluation des progrès effectués. En revanche, comment sensibiliser les étudiants aux qualités requises pour faire un collaborateur avec qui il est agréable de travailler n'est écrit dans aucun manuel, faire admettre leur évaluation n'est pas chose facile.

Familiarisation avec la synthèse organique

L'enseignement se déroule dans un laboratoire contenant 4 paillasses équipées pour faire fonctionner 14 postes de travail simultanément. Chaque poste possède un équipement de base rigoureusement identique (environ 120 pièces de verrerie et de petit matériel ; cf. Annexe 1).

Le programme se répartit en 20 séances, de 4 h 30 chacune, complétées par une quinzaine d'heures de cours ou de travaux dirigés (tableau ci-dessous). Il se divise en quatre parties :

1. Introduction

Deux séances de travaux pratiques pendant lesquelles l'enseignant expose ses objectifs, ce qu'il attend des étudiants, ce qu'ils pensent attendre de lui. Les critères utilisés pour l'évaluation du travail et la notation sont définis sans ambiguïté.

Le matériel contenu dans les postes de travail fait l'objet d'explications (la plupart des élèves n'ont jamais fait de synthèse) l'inventaire précis est copié au début du cahier de laboratoire, les appareils les plus fréquemment utilisés sont présentés (réfractomètres, appareils pour la détermination

des points de fusion, agitateurs magnétiques chauffants...).

Un exposé sur les problèmes de sécurité et les risques relatifs aux produits chimiques termine cette première partie.

2. Premiers contacts avec la synthèse. Initiation

Pendant cette série de travaux pratiques (8 séances), chaque étudiant occupe toujours le même poste et tous font la même manipulation.

Le travail est défini oralement en début de séance, chaque étudiant prend des notes, pose des questions sur les points incompris puis effectue à son poste le travail demandé, une discussion allant parfois jusqu'à l'interprétation collective du sujet étudié permet de conclure. On aborde ainsi les techniques élémentaires utilisées en synthèse organique (distillation, recristallisation, chromatographie) et une ou deux synthèses sont réalisées.

Simultanément à cet ensemble, des cours et travaux dirigés permettent d'enseigner les éléments de nomenclature, la tenue du cahier

de laboratoire, les diverses étapes de l'élaboration d'un produit, un aperçu très simple de chromatographie et la recherche des renseignements dans un ouvrage ou un « Hand-book ».

3. Manipulations

L'ensemble des notions enseignées dans la partie précédente est mis en application

Le chimiste

Développement des qualités importantes pour un chimiste

L'enseignement des notions de synthèse est certainement nécessaire. Il ne sera cependant utilisé que par une minorité de techniciens, la plupart d'entre eux seront employés en fabrication ou en chimie analytique.

En revanche, posséder de « bonnes méthodes de travail » est indispensable quelle que soit son activité ou sa fonction.

En faire prendre conscience aux étudiants est difficile. Pour eux, cette notion semble très accessoire et trop souvent seul le résultat chiffré compte. Pour l'enseignant les progrès dans ce domaine sont également difficilement appréciables.

Il ne peut pas exister de programme ou de « modèle à suivre » mais simplement une prise de conscience au niveau de l'enseignant qui agira en fonction de sa personnalité, de la motivation des élèves, du contexte de son enseignement. Nous allons montrer, à l'aide d'exemples, comment nous cherchons à développer les qualités qui nous semblent primordiales.

Habilité. Assurance

L'étudiant arrivant en 1^{re} année n'a pas ou peu manipulé. Il se sent désemparé devant un matériel très souvent inconnu et relativement coûteux. Il a peur de casser ou de se tromper en cours d'expérience. Il faut progressivement (par des expériences de plus en plus complexes) l'amener à une attitude réfléchie et consciente du travail demandé. Le binôme ou le trinôme est volontairement banni du travail de laboratoire, chacun doit apprendre à compter sur lui-même, prendre des notes, manipuler, rédiger.

L'étudiant doit apprendre à choisir dans le matériel mis à sa disposition celui qui sera nécessaire et le mieux adapté à l'expérience qu'il doit réaliser. Il préparera, chaque fois qu'il lui sera possible, les solutions et réactifs

pendant 8 séances. Chacun des postes est équipé du matériel complémentaire nécessaire à une manipulation bien définie. Chaque étudiant effectue une rotation et travaille individuellement.

4. Conclusion et rangement du laboratoire

La dernière partie de ce programme annuel consiste en deux séances : une conclusion

simples indispensables à celle-ci à partir des produits commerciaux.

Ordre

Une des qualités les plus appréciées dans l'industrie.

L'ordre en cours de manipulation s'impose. Il permet de travailler rapidement avec efficacité. L'enseignant insistera tout particulièrement sur l'organisation et le rangement de la paillasse. Il n'hésitera pas à faire remarquer à chaque étudiant ce qui lui donne une impression de désordre. Ce n'est pas toujours chose agréable.

Le matériel, en fin de séance, est rangé par catégorie dans deux placards situés sous les paillasses. Il doit être intact et propre.

Après chacune des séances l'état de celui-ci est vérifié par l'enseignant (20 minutes environ pour 14 postes).

La verrerie de chacun des postes est numérotée de façon indélébile (encre Regafix-C n° 444, Regafix M.M ; Harlequin ave, Brentford, MDX, G-B). Chaque étudiant est de ce fait, responsable de son matériel et ne peut se retrancher derrière un anonymat souvent commode.

Propreté

Un chimiste qui ne travaille pas proprement est-il vraiment un chimiste ? Que penser de ceux qui se destinent à la biochimie ou à la fabrication pharmaceutique ? L'enseignant doit être attentif dans ce domaine.

La verrerie ne doit être rangée que lorsqu'elle est propre et sèche ; le matériel mouillé en fin de séance reste à l'étuve et n'est rangé qu'à la séance suivante. Il n'est pas concevable qu'un étudiant commence par faire la vaisselle de son prédécesseur.

En cours de manipulation la paillasse doit rester propre, tout débordement ou liquide renversé doit être immédiatement nettoyé, il ne faut pas attendre l'heure du départ. Tout

sous forme de discussion relative aux diverses difficultés rencontrées pendant l'année permet de préciser ce qui a été mal compris ou mal enseigné. On essaye de dégager les points importants ; le rangement du laboratoire et l'entretien du matériel utilisé pendant l'année sont effectués en totalité par les étudiants.

est fini lorsque tout est propre (paillasses, évier, terrines à déchets).

Rigueur

Par sa nature, le travail expérimental ne peut être approximatif, dès le début l'étudiant doit, dans toutes les matières, apprendre à être, le plus possible, précis et rigoureux.

Chaque fois qu'il en a la possibilité il doit se placer dans des conditions de travail reproductibles, faire des tests de contrôle et utiliser des essais témoins.

Toute manipulation est consignée dans un cahier de laboratoire sous forme de compte rendu, sa rédaction doit être très précise (volumes de solvants, temps, débit, modifications d'aspect, etc...).

Lorsque des produits sont préparés et rendus, une étiquette indique sans ambiguïté le contenu du flacon (nom du fabricant, du produit, formule, constantes physiques mesurées, masse, date).

Honnêteté

L'exactitude des résultats est fondamentale. Il faudra amener l'étudiant à prendre conscience qu'il ne doit pas tricher même pour avoir une bonne note ou pour obtenir un résultat identique aux autres.

Le cahier de laboratoire reste au laboratoire, sa rédaction est simultanée à la manipulation, elle n'a pas lieu à la maison en s'inspirant du cahier d'un camarade, en recopiant un polycopié ou un manuel.

Le compte rendu doit décrire les conditions exactes du travail expérimental, même s'il ne répond pas à ce qui était demandé.

Le produit rendu doit correspondre à ce qui est mentionné sur l'étiquette en qualité et en quantité. L'enseignant se fera un devoir de vérifier l'exactitude des renseignements portés sur les flacons même si cette tâche lui semble fastidieuse et longue.

Encouragements, évaluation et conclusion

Le rôle de l'enseignant est de transmettre un savoir ou un ensemble de techniques qui seront assimilés puis utilisés par l'élève. La réussite ou l'échec de cette assimilation est bien souvent appréciée par un contrôle chiffré sous forme de notes, leur moyenne donnant la possibilité d'obtenir un diplôme ou le passage dans un niveau supérieur.

L'acquisition d'une « discipline de laboratoire » nous semble indispensable à la formation d'un chimiste aussi avons-nous cherché à l'évaluer, simultanément aux connaissances.

Une notation répétée et suivie permet à l'étudiant de prendre conscience de ses insuffisances et de ses progrès.

Elle ne doit pas être perçue comme une contrainte ni par l'enseignant ni par l'enseigné.

Évaluation de la technicité

Sur l'ensemble des manipulations proposées à l'étudiant, seules les dix dernières font l'objet de notes (sur 20 points chacune). Différents critères, très habituels à la chimie organique sont utilisés : compte rendu pour

les manipulations générales et remise d'un produit (qualité-quantité) pour les synthèses.

Évaluation d'une « discipline de laboratoire »

D'emblée nous avons éliminé l'attribution d'une note de travail annuelle ou trimestrielle, insuffisante pour apprécier les progrès réalisés par chacun des étudiants. Chaque séance est notée sur cinq points, toute maladresse a un effet dégressif suivant un barème bien établi et connu de tous (Annexe II), la note restante est commentée à la séance suivante.

Pour l'enseignant ce système est fastidieux, il nécessite une comptabilité continue, il demande une attention suivie pendant toute la séance et il impose une vérification obligatoire du matériel. Pour l'étudiant, contraignant et désagréable au début, il est facilement admis, parfois apprécié : il doit être appliqué en permanence avec beaucoup de franchise.

Conclusion

Nous avons voulu dépasser l'enseignement d'une technique en essayant d'atteindre la manière de l'appliquer. Ces deux objectifs sont, semblent-ils, très différents. Si les difficultés rencontrées dans la transmission de connaissances sont surtout du domaine de la

Tableau

Introduction

- 1 Présentation du travail
- 2 Matériel Sécurité

(9 h de TP)

Initiation

- 3
- 4 Recristallisations
- 5 Distillations
- 6 Extractions
- 7 Chromatographie sur couche mince
- 8
- 9 Synthèses simples
- 10

(36 h de TP)

Nomenclature
Déroutement d'une synthèse
Rôle et tenue du cahier de laboratoire
Application à la chimie organique de la spectroscopie (IR, RMN et UV) et de la Chromatographie

(15 h de cours)

Application

- 11 Identification
- 12 Détermination de points de fusion
- 13 Distillation/vide
- 14 Application de la C.C.M.
- 15 Chromatographie sur colonne
- 16 Montage
- 17 Entraînement à la vapeur
- 18 Bibliographie (simple)

(36 h de TP)

Conclusion

- 19 Conclusions
- 20 Rangement du laboratoire

(9 h de TP)

compréhension, l'acquisition d'une discipline de travail se heurte à d'autres obstacles qui dépendent beaucoup de la personnalité de chacun.

Nous cherchons depuis plusieurs années à

former des chimistes et espérons que les efforts entrepris n'ont pas été vains. De nombreuses discussions avec les élèves ou anciens élèves nous incitent à poursuivre dans cette voie.

Annexe 1 : Liste du matériel composant un poste de travail

A) Verrerie à col rodé CN 19/26 (14 pièces)

ballon fond rond de 100 ml (2)
ballon fond rond de 100 ml à 2 cols
erlenmeyer de 100 ml
réfrigérant droit, l = 30 cm
colonne à garnissage
gaine thermométrique
tube à dégagement à 3 rodages
tube de recette à prise de vide
tube de recette sans prise de vide
tube de séchage
bouchon rodé
torion[®] soudé à un rodage CN/M
ampoule à brome rodée

B) Verrerie non rodée (60 pièces)

ampoules à décanter (2)
250-125 ml
ampoule à brome de 50 ml
ballons à fond rond (5)
100, 250, 500 ml
ballon à fond plat de 100 ml
foies d'Erlenmeyer (8)
50, 100, 250, 500 ml
foies à filtres sous vide (3)
250 ml × 2, 100 ml
bêchers (8)
400, 250, 100, 50 ml
cristallisoirs (3)
Ø 70 mm × 2, Ø 90, Ø 150
entonnoirs coniques (3)
Ø 50 mm × 2, Ø 90 mm

tulipe et joint de tulipe
entonnoirs de Büchner (2)
Ø 50 et Ø 90 mm
éprouvettes graduées (3)
250, 100, 50 ml
pipette graduée de 10 ml
verres de montre (6)
Ø 40, 60, 80 mm
thermomètre (3)
● de laboratoire × 2
● industriel
tubes à essais (12) et support
colonne d'absorption

C) Matériel de laboratoire (45 pièces)

bec Bunsen (2) et toile métallique (2)
support de bec avec centrage
anneaux métalliques (3)
noix universelles (6)
pincettes à mâchoires (3)
pincettes à 3 doigts (4)
pince à creuset
support entonnoir en 3 éléments
jeu de cales en bois (5)
valets de liège (3)
clamps (3)
pincettes à rodage (3)
pissette en polyéthylène
caoutchouc à vide
caoutchouc à gaz
caoutchouc feuille anglaise (3)
cuvette en PVC
statifs (3)
trompe à eau

Annexe 2 : Liste des « fautes » qui diminuent la note de travail

Par séance on enlève pas plus de 3 points pour une maladresse si celle-ci est répétée.

Paillasse non nettoyée en fin de séance (1 pt).
Placards en désordre (de 1 à 2 pts).
Matériel non rangé en fin de séance (1 pt par pièce).
Matériel rangé sale (de 1 à 3 pts).
Matériel rangé mouillé (2 pts).
Rodages non dégraissés (de 1 à 3 pts).
Verrerie cassée en cours de séance non remplacée (3 pts), non marquée (2 pts).
Clef de robinet à l'étuve (2) elles ne sont pas encore toutes normalisées.

Paillasse sale ou en désordre en cours de manipulation (1 pt).
Montage présentant une faute pouvant être dangereuse (1 à 3 pts).
Montage pas stable (de 1 à 2 pts).
Travail sous une hotte sans la faire fonctionner (1 pt).
Manipulation de produits toxiques ou dangereux sans précautions (1 à 3 pts).
Rejet à l'évier de produits organiques (2 pts).

Utilisation de verrerie cassée (1 à 2 pts).
Chauffage à sec en fin de distillation (2 pts).
Recristallisation (solvant organique) sans condenseur (2 pts).
Erreur sur une étiquette (1 à 2 pts par erreur).
Utilisation inutile de l'eau, du gaz, etc... (2 pts).
Manipulation de la verrerie 1/4 d'heure après la fin de la séance (2 pts).

Prismes du réfractomètre non nettoyés après utilisation (5 pts).
Cahier absent du laboratoire (5 pts).

Matériel collectif (paillasse) : barème pour chaque étudiant concerné

Évier sale en fin de séance (de 1 à 2 pts).
terrine à déchets non vidée (1 pt).
Jerrican à eau permutée non remplie en fin de séance (1 pt).
Gaz non fermé (3), matériel collectif non rangé (1 pt par pièce).
Étudiant laissant systématiquement aux autres ce travail (de 1 à 5 pts).

Utilisez-vous l'informatique dans votre enseignement ?

Si OUI, le Centre Documentaire Coopératif « Informatique - Enseignement Chimie » vous intéresse !

Ce centre fait partie du réseau ReCoDic (Recherches Coopératives en Didactiques de la Chimie, Secrétariat général : M. André Marchand Université de Bordeaux I, 351, cours de la Libération, 33405 Talence).

Ce centre se propose :

1. de rassembler et de tenir à jour une documentation sur toutes les applications de l'informatique dans l'enseignement de la chimie,
2. de répondre à toute demande de renseignements portant sur cette documentation,
3. de faire connaître le contenu de son fond documentaire par la publication d'un catalogue.

Pour compléter le fond de documentation, nous serions très heureux de recevoir toute information (références d'ouvrages ou d'articles, noms et adresses de collègues ayant une expérience, etc.) dans le domaine 1 et plus précisément :

- l'enseignement assisté par ordinateur,
- l'enseignement programmé,
- le contrôle informatisé des connaissances,
- les simulations d'intérêts didactique,
- les programmes de calcul utilisables dans l'enseignement.

Si vous désirez nous aider dans notre projet et que vous avez déjà développé des applications informatiques dans votre enseignement, pouvez-vous remplir une fiche descrip-

tive ci-jointe (utiliser une fiche distincte par application).

Il va de soi que tous les programmes et les fiches descriptives qui nous parviennent garderont la marque de leurs auteurs. Le Centre Documentaire vise à être un trait d'union permettant de mettre en relation des collègues intéressés par un même type d'application de l'informatique dans leur enseignement. De même, nous nous refuserons à porter tout jugement sur les applications qui seront ainsi recensées.

Le catalogue faisant l'inventaire du fond documentaire (publication prévue courant 78) et l'analyse de ce fond viseront à dégager les tendances dans ce domaine, nouveau en France, de la pratique pédagogique.

Appel d'offres du Centre documentaire 3C

« Banque d'exercices-tests » pour l'enseignement en français de la chimie en premier cycle.

Les animateurs du Centre documentaire 3C * prient tous les membres ReCoDic, et plus généralement tous les chimistes, de leur faire parvenir :

Les textes d'exercices originaux :

- Exercices brefs, précis et bien définis, permettant une notation sans ambiguïté.
- Exercices portant sur des points assez généraux pour être communs à la plupart des 1^{er} Cycles, en France.

2) Les recueils de sujets d'examens

- Sujets donnés dans votre Université pour

les sections de premier cycle, ces dix dernières années.

3) D'une façon générale, tout document ou information concernant ce centre sera la bienvenue.

Rappel : Cette collecte est effectuée dans le respect des principes qui animent les centres documentaires ReCoDic :

- ces documents gardent la marque de leur propriétaire,

- aucun jugement critique n'est porté sur ces travaux,
- les noms de toutes les personnes qui participent à la collecte seront mentionnés sur les catalogues réalisés.

* *Claude Dubois, (Chimie minérale), Laboratoire de chimie générale; Joël Vebrel, (Chimie organique), Laboratoire de chimie appliquée; Jean-Louis Janier-Dubry (Chimie physique), Laboratoire de chimie générale, Faculté des Sciences, La Bouloie, 25030 Besançon-Cedex.*

BANQUEXAM

Le groupe « Docimologie et enseignement par Objectifs » lance « BANQUEXAM ».

« BANQUEXAM » est une banque de questions évaluées de type Q.C.M. (Questions à Choix Multiples) ou Q.R.O.C. (Questions à Réponse Ouverte et Courte) conçue par R. Lefèvre et M. Chastrette.

Un ensemble de ces questions permet de construire une épreuve de contrôle.

Pour chaque question l'objectif spécifique, le niveau taxonomique, l'indice de facilité et l'indice de discrimination sont indiqués.

Grâce à ces données il est possible d'établir une table de spécification qui permet de mettre en évidence l'importance attribuée à tel objectif ou à tel niveau taxonomique.

La note explicative à l'attention des usagers de BANQUEXAM ainsi que les fiches pour le dépôt des questions sont à demander à Marcelle Berçot, Centre Universitaire de Perpignan, Laboratoire de synthèse organique, Avenue de Villeneuve, 66025 Perpignan Cedex.